

## Produto 28

### Marco inicial do monitoramento do uso e cobertura da terra do COMPERJ



Contrato Nº 6000.00419115.08.2

Junho de 2010

Produto 28

## Sumário

CONTEXTUALIZAÇÃO .....	3
JUSTIFICATIVAS.....	4
OBJETIVO.....	4
HISTÓRICO DE USO E COBERTURA DA TERRA DA ÁREA EM ESTUDO.....	5
MATERIAL E MÉTODOS.....	8
Definição da legenda.....	9
Coleta e organização dos dados secundários em base de dados georreferenciados....	9
Seleção e processamento digital da imagem.....	9
Georreferenciamento.....	10
Aplicação de Filtros.....	10
Classificação.....	10
Verificação em campo.....	13
Elaboração do mapa final e cálculo das áreas de cada classe.....	13
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
Descrição da legenda.....	14
Verificação de campo.....	15
Mapeamento do uso e cobertura da terra do COMPERJ e cálculo de áreas das classes mapeadas.....	19

Equipe técnica:

Dra. Rachel Bardy Prado - Pesquisadora, Embrapa Solos.

Dra. Elaine Cristina Cardoso Fidalgo - Pesquisadora, Embrapa Solos.

Dra. Bernadete da Conceição Carvalho Gomes Pedreira - Pesquisadora, Embrapa Solos.

Rodrigo de Sá Araújo - estagiário, estudante de geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

## CONTEXTUALIZAÇÃO

O Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro - COMPERJ está sendo inserido em uma área de contexto ambiental de grande relevância, pois tem em seu entorno as bacias hidrográficas Guapi-Macacu e Caceribu que possuem diferentes tipos de Unidades de Conservação, que por sua vez, fazem parte do Mosaico Central Fluminense de Mata Atlântica. Também estas bacias são responsáveis pelo abastecimento de água potável a aproximadamente 2,5 milhões de pessoas (Figura 1).

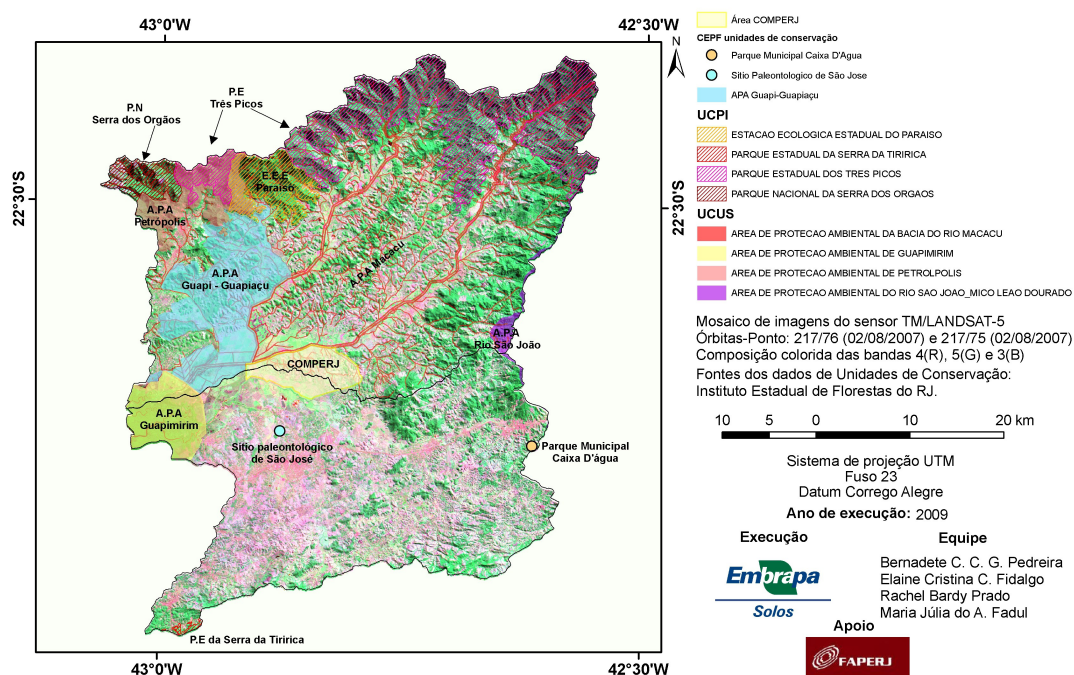


Figura 1: Composição colorida de imagens do sensor TM-Landsat 5 de 2007 e indicação dos limites das bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu, das unidades de conservação e do COMPERJ.

Fonte: Pedreira et al., 2009.

Por esta razão, o Projeto Corredor Ecológico do COMPERJ, sob a coordenação da Embrapa, propõe, dentre outras atividades, a revegetação das áreas do COMPERJ que não serão ocupadas pelas instalações da planta industrial do empreendimento (Plot Plan), visando restabelecer as funcionalidades ambientais. De forma complementar, prevê estudos de modelos de conexão entre a área revegetada e os demais fragmentos das bacias hidrográficas em que o COMPERJ encontra-se inserido.

Visando acompanhar o restabelecimento da paisagem e verificar se os modelos aplicados no replantio estão obtendo sucesso na área do COMPERJ, iniciou-se em 2010 o monitoramento de diversos indicadores ambientais e, neste componente, está previsto o monitoramento do uso e cobertura da terra.

Para obter informações sobre o uso e cobertura da terra da área do COMPERJ, optou-se pela utilização de imagens de alta resolução do satélite Quickbird. Sendo assim, o uso e cobertura da terra referente à área do empreendimento será mapeado, em escala aproximada de 1:10.000, para o início, meio e final do projeto, podendo subsidiar as ações de revegetação.

O presente relatório apresentará os procedimentos utilizados, o mapa, a descrição e uma discussão da situação inicial do uso e cobertura da terra (marco inicial - Tempo 0) referente à área total do empreendimento COMPERJ. Embora as intervenções do Projeto Corredor Ecológico do COMPERJ sejam apenas na área externa ao denominado Plot Plan, toda a área foi mapeada para registro e também apresentada no mapa final porque os limites exatos do Plot Plan (2010) não foram fornecidos.

### JUSTIFICATIVAS

O monitoramento do uso e cobertura da terra na área do COMPERJ se faz necessário para permitir a identificação de alterações que se espera que ocorram, seja devido às intervenções do Projeto Corredor Ecológico do COMPERJ ou pela regeneração natural.

Os resultados advindos deste tipo de monitoramento são bastante precisos, em termos de cálculo de área e de posicionamento no espaço, pelo fato de se utilizar imagens de satélite de alta resolução e Sistema de Informação Geográfica. O mapeamento por meio de ferramentas de sensoriamento remoto permite também maior agilidade na obtenção dos resultados, reduzindo custos e tempo da equipe do projeto, envolvida neste componente do monitoramento.

Os mapas, descrição e cálculo das áreas das classes de uso e cobertura da terra do COMPERJ permitirão maior segurança no planejamento inicial detalhado das ações de intervenção do projeto, como por exemplo, na seleção de modelos de revegetação e de espécies; na estimativa da quantidade de mudas e de mão-de-obra necessárias e, portanto, nos custos da intervenção; e, ainda, na delimitação de áreas onde serão instaladas as vitrines tecnológicas e os demais componentes de educação ambiental e transferência de tecnologia.

Ao longo do projeto, o mapeamento do uso e cobertura da terra do COMPERJ subsidiará a identificação e cálculo da área de regiões que não estiverem respondendo adequadamente às intervenções, permitindo redirecionamento das mesmas, assim como o cálculo do incremento de biomassa vegetal para a área em estudo. O mapeamento também poderá ser utilizado para a espacialização de vários atributos ambientais, cuja variabilidade espacial esteja atrelada ao uso e cobertura da terra.

### OBJETIVO

Mapear e caracterizar o uso e cobertura da terra, para a área do COMPERJ, na situação de marco inicial (Tempo 0) do monitoramento da área de intervenção do Projeto Corredor Ecológico do COMPERJ.



## *HISTÓRICO DE USO E COBERTURA DA TERRA DA ÁREA EM ESTUDO*

O COMPERJ encontra-se localizado em sua totalidade no município de Itaboraí. Conforme descrito no Projeto Corredor Ecológico do COMPERJ, Caracterização do Ambiente (Embrapa, 2007 a e b), “Itaboraí significa, na língua tupi, “Pedra Bonita”. A região foi desbravada para a implantação de lavouras de cana-de-açúcar para produção de açúcar e aguardente, na ocasião da concessão de sesmarias, em 1567, quando foi fundada a Vila de Santo Antônio de Sá. Ligada a essa Vila, foi construída a matriz da capela Nossa Senhora da Conceição, na Fazenda Iguá, atual Venda das Pedras.

No segundo reinado, até 1860, Itaboraí já era uma das regiões mais prósperas do Estado. No porto, o açúcar das regiões próximas era exportado em caixas, daí o nome “Porto das Caixas”. D. Antônio Marins, fidalgo português, cujos descendentes vivem até hoje na região, foi um dos pioneiros do povoamento, à margem do rio Macacu. Quando D. João VI chegou ao Brasil, Itaboraí destacava-se por sua cultura e progresso, chegando a competir com Niterói para ser a capital da província do Rio de Janeiro.

Vale destacar que a bacia do Macacu, na área atualmente pertencente ao município de Cachoeiras de Macacu, parece ter tido uma ocupação um pouco diferenciada. Segundo Cabral (2007), esta região nunca teria sido totalmente dominada pela agroindústria do açúcar, tendo se constituído, desde o século XVI, como uma região predominantemente voltada para o cultivo de gêneros alimentícios. Este autor destaca a presença, no vale do Macacu no século XVII, de apenas dois engenhos de açúcar e de resto apenas terrenos com donos os mais variados, que provavelmente arrendavam suas terras aos roceiros plantadores de mandioca. Segundo Silva (1990, citado por Cabral, 2007) a formação desse “grande cinturão mandioqueiro” se estendia pelos atuais municípios de Duque de Caxias, Nova Iguaçu, Cachoeiras de Macacu e parte de Itaboraí” provavelmente devido à presença de grandes rios que desembocam no fundo da baía de Guanabara, constituindo excelentes vias de escoamento para a farinha, um produto pesado e barato.

A lavoura de cana-de-açúcar era cultivada nos ambientes mais alagadiços das baixadas, enquanto a mandioca, o feijão e o milho se adaptavam a terrenos não adequados à lavoura canavieira. A mandioca era especialmente adaptável aos solos pobres e mais secos. Há ainda indicações de que esta ocupação fosse realizada por pequenos proprietários de escravos ou mesmo por não proprietários, dado que no final do século XVIII a ocupação do espaço agrário desta região teria se dado com diminuição do efetivo populacional (Cabral, 2007). Ainda segundo este autor, o extrativismo madeireiro era uma outra atividade importante da economia rural desta região, igualando-se às tradicionais lavouras de cana-de-açúcar e mandioca, em função da disponibilidade de matas conservadas, na bacia do Macacu. O comércio de madeiras representava uma apreciável riqueza, pela excelência das espécies existentes nas matas do município, aplicadas em variadas obras civis e hidráulicas.

Também no século XVIII apareceram as olarias, que até hoje são vistas na região. Do século XVIII até o início do XIX, ocorreu o ciclo do café, que também afetou a região. Este foi inicialmente plantado na região de baixada, mas rapidamente se direcionou para a área dos maciços costeiros e contrafortes da serra do Mar, que foi desmatada. Durante o surto cafeeiro em Itaboraí, que se estendeu de 1830 a 1870, a produção da cana foi cada vez mais direcionada para a fabricação de aguardente. Dominava uma paisagem de decadência da economia do açúcar, pela incapacidade de

competir com a região de Campos dos Goitacazes (Machado, 1997). Paralelamente ao esgotamento das terras e à construção de estradas de ferro interligando outras regiões mais produtivas, o café foi se deslocando para o vale do Paraíba do Sul (que teria melhores condições geográficas) e a cana-de-açúcar para a região de Campos dos Goytacazes.

Entre os anos de 1828 e 1836, o município sofreu uma forte epidemia de malária às margens do rio Macacu. Esse fato, aliado a inauguração da estrada de ferro Cantagalo em 1860 e a promulgação da Lei áurea em 1888, fez com que a importância econômica do município fosse reduzida. Apesar da estagnação econômica e das epidemias, a expansão da rede de trilhos e caminhos (em função do cultivo do café) e o benefício comercial dos circuitos ligados ao tráfico negreiro e ao comércio de mercadorias trouxeram um aumento populacional urbano e, em 1890, as pequenas vilas de Itaboraí e Rio Bonito já haviam se transformado em cidades.

O processo histórico da região deixou marcas na área do COMPERJ, sendo uma delas as ruínas do convento de São Boaventura de Macacu, fundado em 1660 e um dos 5 mais antigos do país, cujo resgate e restauração deverá ser feito pela PETROBRAS, em parceria com o IPHAN.

A partir do final do século XIX, iniciam-se as obras de drenagem e retificação dos rios Macacu, Guapiaçu e Caceribu que romperam com a configuração geográfica que havia fundamentado a história da ocupação daquela área. Grande parte das terras de brejos desapareceu com a abertura dos canais, que reduziram o impacto das enchentes de ambos os rios na região. Complementarmente às obras de saneamento foram construídas rodovias, como a atual BR 101, que aproveitou o antigo caminho do café, ligando o Rio de Janeiro à região dos Lagos, que também traria grandes mudanças para a configuração regional.

Em Itaboraí e Rio Bonito, a partir da década de 1920, surgiram novas culturas comerciais, como a banana e a laranja. A maior parte das antigas plantações de cana-de-açúcar e café se tornaram improdutivas. O abandono das terras por alguns proprietários, tanto na área de várzea como na área de morros, permitiu que posseiros (ocupantes sem título de propriedade) ocupassem pedaços delas, favorecendo o estabelecimento de pequenos sitiantes. A expansão da citricultura, principalmente da laranja, começou em 1926, quando se intensificaram as exportações para a Europa e para a Argentina. Inicialmente os laranjais ocuparam as encostas dos morros em virtude da existência dos pantanais na planície. Com as obras de saneamento e drenagem, foram os donos de laranjais que primeiro se beneficiaram da drenagem das planícies (Machado, 1997).

Ainda no início do século XX, outras mudanças acontecem na região. Em São Gonçalo, com as obras de drenagem houve uma ampliação da área de chácaras, que produziam gêneros alimentícios para o mercado urbano carioca. Implantou-se em Rio Bonito uma indústria de alimentos, principalmente de doce de banana e doce de leite. Destaca-se também a permanência de culturas de subsistência, principalmente nas orlas florestais. A cana-de-açúcar permanece em manchas em Tanguá e em Rio Bonito, mas Itaboraí torna-se o domínio dos laranjais. Em 1920, a implantação da usina de açúcar de Tanguá, levou a um novo “ciclo” da cana-de-açúcar, mas em muito menor escala e baseado em trabalho assalariado (Machado, 1997).

Após as obras de drenagem, estas terras foram retalhadas em lotes de tamanho variável e foi feita em Niterói e no Rio de Janeiro propaganda anunciando que plantar laranja seria uma forma de enriquecimento rápido com um mínimo de investimento. Os lotes foram sendo comprados por capitalistas, funcionários públicos, pequenos negociantes e lavradores. Entre 1928 e 1940, a área total de estabelecimentos agrícolas passou de 159 para 465 hectares, a maioria sendo de pequenas propriedades de até 40 hectares que sobreviviam às custas da venda da laranja. A produtividade dos laranjais era muito baixa, por erros técnicos e descuidos no manejo, que demonstram o caráter especulativo do empreendimento. Além disso, a comercialização da laranja era controlada por especuladores do comércio atacadista da cidade do Rio de Janeiro. A Segunda Guerra Mundial significou o declínio e perda dos mercados europeus que consumiam a laranja. Em consequência da perda de mercado, uma parte da produção foi destinada ao mercado interno brasileiro, mas muitos laranjais foram abandonados e invadidos pelo mato, principalmente em Itaboraí, onde a decadência das culturas de exportação levou a um abandono do setor agrícola (Machado, 1997).

As obras do programa de drenagem, apesar do objetivo declarado de criar, no entorno da cidade do Rio de Janeiro, um “cinturão verde” de chácaras hortigranjeiras e outros gêneros alimentícios, terminaram por transformar toda a região da baixada da Guanabara em pólo de especulação imobiliária. Em Itaboraí, a maioria dos grandes proprietários de terras optou pela erradicação dos laranjais ali existentes, expulsão dos lavradores e sua substituição por loteamentos urbanos ou pelo gado nas áreas mais distantes, como forma de aguardar os efeitos da valorização. A construção e pavimentação das rodovias BR-101 e RJ-104, facilitando o acesso às regiões dos Lagos e de Campos, contribuiu para a expansão urbana da região.

Tabela 1: Utilização das terras dos estabelecimentos agropecuários, por tipo de utilização, em 2006, em cada município.

Municípios	Total de estabelecimentos	Área total (ha)	Lavouras (1)		Pastagens (2)		Matas e florestas (3)	
			Estabelecimentos	Área (ha)	Estabelecimentos	Área (ha)	Estabelecimentos	Área (ha)
Tanguá	321	6537	371	972	91	2632	79	566
Cachoeiras de Macacu	1603	39642	1472	11159	652	14280	549	11808
Rio Bonito	644	14250	584	2718	286	9046	215	2723
Guapimirim	170	14395	128	1201	74	10858	52	1396
Itaboraí	249	15820	280	1480	158	11537	58	1865
São Gonçalo	244	2830	290	787	124	1107	49	440
Niterói	16	140	12	61	6	43	4	10
<b>Total</b>	<b>3247</b>	<b>90784</b>	<b>3137</b>	<b>18378</b>	<b>1391</b>	<b>49503</b>	<b>1006</b>	<b>18808</b>

(1) Lavouras permanentes, temporárias e cultivo de flores, inclusive hidroponia e plasticultura, viveiros de mudas, estufas de plantas e casas de vegetação e forrageiras para corte.

(2) Pastagens naturais, plantadas (degradadas e em boas condições).

(3) Matas e/ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal, matas e/ou florestas naturais, florestas com essências florestais e áreas florestais também usadas para lavouras e pastoreio de animais.

Fonte: IBGE(2010).

Em 2006, as áreas de matas e florestas ocupavam cerca de 20,7% da área total dos estabelecimentos agropecuários nos municípios, sendo a maior área relativa em Cachoeiras de Macacu, onde as matas e florestas ocupam quase um terço da área de estabelecimentos, ou seja, 29,8%, provavelmente mais concentradas nas áreas no entorno dos parques existentes no município. Esta proporção é menor em Guapimirim, que tem uma situação geográfica semelhante à de Cachoeiras de Macacu (no que se refere à da Serra do Mar), correspondendo à aproximadamente, 9,7% de sua área total. Em Guapimirim, chama a atenção a presença de uma maior área de pastagens naturais. Mais da metade da área de pastagens dos municípios se referiam às pastagens naturais, indicando provavelmente a presença de pastagens abandonadas, muitas delas em áreas destinadas à especulação imobiliária.

De uma forma geral, conforme o Censo Agropecuário de 2006 do IBGE, as áreas de lavouras temporárias são pouco expressivas na região, com exceção apenas para o município de Cachoeiras de Macacu, que responde por 45% da área total desse tipo de cultivo do conjunto de municípios, com aproximadamente, 727 ha de seu território ocupados com culturas temporárias. Os produtos historicamente presentes na região, como mandioca, feijão e milho, aparecem com alguma importância em todos os municípios, com destaque para a mandioca nos municípios de Cachoeiras de Macacu (550 ha), Rio Bonito (300 ha) e Tanguá (200 ha), seguidos de Guapimirim (90 ha). O arroz praticamente desapareceu da região, constando apenas em Cachoeiras de Macacu (29 ha).

Com relação às culturas permanentes, em Rio Bonito destacam-se a laranja (1.100 ha), o limão (470 ha) e a tangerina (294 ha). Em Cachoeiras de Macacu o cultivo principal é a banana (1.000 ha), seguido de coco-da-baía (336 ha), havendo também limão (143 ha) e goiaba (136 ha). Em Guapimirim o cultivo mais expressivo também é a banana (210 ha). No município de Tanguá destaca-se o cultivo de côco-da-baía (105 ha) e em Itaboraí, a laranja (273 ha). Os cultivos permanentes nos municípios de Niterói e São Gonçalo são inexpressivos.

Na área do COMPERJ predominava a pastagem. Isso se deve ao fato desta área ser ocupada predominantemente pela Fazenda Macacu, que também possuía uma área expressiva de cultivo de laranja. Porém, com a desapropriação e a saída dos antigos moradores seguidas pelas obras para implantação do Complexo Petroquímico, essas áreas, em boa parte, foram modificadas. A ocupação atual é descrita e detalhada no item de resultados do presente relatório.

## MATERIAL E MÉTODOS

O mapeamento e a caracterização do uso e cobertura da terra na área do COMPERJ foi realizado pelo emprego de técnicas de processamento digital de imagens orbitais de alta resolução. Para tal, os métodos empregados envolveram a organização

da base cartográfica em formato digital e de todo o material de apoio em uma base de dados; a seleção da imagem de alta resolução a ser utilizada e o processamento para a identificação das classes de uso e cobertura da terra; o levantamento em campo para verificação de padrões espectrais das classes mapeadas; e, por último, a elaboração do mapa em escala 1:10.000 e o cálculo de área. O mapa final é apresentado em escala 1:15.000 devido à limitação do tamanho máximo da folha de plotagem, de tamanho A0, sendo priorizada a apresentação de toda a área em uma única folha.

### *Definição da legenda*

As classes de uso e cobertura da terra foram definidas com base na legislação e em mapeamentos anteriores realizados especificamente nessa região (Pedreira et al., 2007, 2009). Face à alta resolução das imagens orbitais utilizadas, classes que compreendem áreas reduzidas, como quintal, também puderam ser mapeadas. Sendo assim, a legenda compõe-se das seguintes classes: vegetação em estágio médio de regeneração, vegetação em estágio inicial de regeneração, área agrícola, quintal, pastagem, pasto sujo, solo exposto, corpo hídrico e sombra. A descrição de cada classe é apresentada nos resultados.

### *Coleta e organização dos dados secundários em base de dados georreferenciados*

Dados georreferenciados de levantamento realizados na área do COMPERJ fornecidos pela PETROBRAS em março de 2010, foram organizados em uma base de dados. Os dados disponibilizados são:

- o mosaico de fotografias aéreas, obtido antes do início da terraplanagem, com resolução espacial de 0,3 metros - imagem em formato ecw;
- o limite da área - vetor, polígono, em formato shape;
- a hidrografia - vetor, linhas, em formato dwg;
- as curvas de nível - vetor, linhas, em formato dwg; e
- os pontos cotados - vetor, linhas, em formato dxf.

Com exceção das curvas de nível, que apresentaram problemas no formato do dado impedindo seu uso, os demais foram inseridos na base de dados. Para tal, quando necessário, houve transformação na projeção dos dados, de forma que todos os armazenados tivessem projetados em coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM), datum South America 1969 (SAD69), fuso 23 sul e as distâncias em metros. Os arquivos vetoriais foram armazenados em formato de arquivo *shapefile*. O mosaico das fotografias aéreas, em *raster*, foi armazenado em seu formato original (ecw). A base de dados georreferenciados foi obtida por meio da utilização do *software* ArcGIS 9.3.1 da ESRI.

### *Seleção e processamento digital da imagem*

A imagem utilizada no mapeamento é uma imagem do sensor de alta resolução a bordo do satélite Quickbird, cujas características são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Características das imagens do sensor de alta resolução a bordo do satélite Quickbird.

Bandas espectrais	Faixas espectrais (nm)	Resolução espectral (nm)	Resolução espacial (m)	Resolução radiométrica (bit)	Largura da faixa imageada no nadir (km)
Pan	445 a 900	455	0,61		
Azul	450 a 520	70			
Verde	520 a 600	80		11	16,5
Vermelho	630 a 690	60	2,40		
Infravermelho	760 a 900	140			

A imagem selecionada abrange a área do COMPERJ e corresponde à data de 30 de junho de 2009, com ângulo de visada *off nadir*: 28° e *target azimuth*: 249°, sem cobertura de nuvens, nível de correção LV2A, formato GeoTIFF, Projeção UTM, fuso 23 Sul, datum SAD 69 e distâncias em metros.

Para o processamento digital das imagens foi utilizado o programa ENVI versão 4.5, cuja licença foi adquirida com o apoio financeiro da Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, em 2008. O processamento digital foi aplicado nas imagens multiespectrais - bandas espectrais do azul, verde, vermelho e infra-vermelho - as quais foram utilizadas para o mapeamento do uso e cobertura da terra.

### Georreferenciamento

As imagens foram georreferenciadas utilizando-se como referência o mosaico de fotografias aéreas da área. Para o georreferenciamento foram adquiridas as coordenadas geográficas de feições pontuais no mosaico de fotografias aéreas e atribuídas essas coordenadas aos pontos de mesma localização, identificados na imagem Quickbird. Os erros foram analisados, sendo estabelecido como erro máximo 0,724154 pixels. Após obtenção de pontos distribuídos por toda a área, a transformação da imagem foi realizada selecionando as opções: polinômio de primeiro grau e interpolação vizinho mais próximo. A projeção utilizada foi a Universal Transversa de Mercator (UTM), datum South America 1969 (SAD69), fuso 23 Sul.

### Aplicação de Filtros

Algumas das classes a serem mapeadas apresentam um padrão textural típico. Neste caso, essas classes são mais bem caracterizadas pela variação espectral (ou variação dos valores de nível de cinza dos *pixels*) de sua área do que por um único valor ou por um intervalo de valores espectrais.

Para identificar áreas com mesmo padrão textural, foram aplicados filtros de textura de medidas de ocorrência nas quatro bandas multiespectrais da imagem Quickbird. Os filtros de medidas de ocorrência analisam a textura com base no número de ocorrências de cada nível de cinza observado na janela de processamento.

O filtro de textura aplicado foi o de média, em janela de 3 por 3 *pixels*, o qual apresentou melhores resultados para a identificação do padrão textural observado na imagem.

### Classificação



A classificação foi realizada para os alvos separadamente e, depois, os resultados reunidos para interpretação visual e edição do produto final. A seguir são apresentados os métodos de obtenção de cada classe e a obtenção da classificação final. Este procedimento foi adotado pois não foi possível a aplicação de um único classificador que separasse todas as classes pretendidas, por se tratar de classificador *pixel a pixel* do ENVI 4.5.

#### **a) Classificação da vegetação em estágio inicial e médio de regeneração.**

Para a classificação da vegetação, verificou-se a dificuldade em separar, por processamento automático, os dois estágios de sucessão. Desta forma, decidiu-se classificar preliminarmente a vegetação sem discriminar seu estágio de regeneração. Para tal, foi realizada uma classificação supervisionada Spectral Angle Mapper (SAM) nas bandas multiespectrais juntamente com as quatro imagens resultantes da aplicação dos filtros de textura.

Amostras de vegetação em estágios inicial e médio de regeneração foram selecionadas. Em vários testes de classificação realizados, observou-se um elevado nível de confusão entre as classes de vegetação e a classe pasto sujo. Para melhor discriminar as classes de vegetação, selecionou-se amostras de pasto sujo, as quais foram incluídas no processo de classificação.

Para a aplicação do SAM selecionou-se, para as três classes, o ângulo máximo igual a 0,05 radianos. A imagem classificada foi reclassificada reunindo as duas classes de vegetação, uma vez que o classificador não distinguiu os dois estágios de regeneração, e eliminaram-se as áreas de pasto sujo, as quais foram delimitadas apenas para não confundir com as áreas de vegetação.

Sobre a imagem reclassificada aplicou-se um processamento de pós-classificação para o agrupamento de pixels isolados, adjacentes a áreas classificadas. O processamento foi realizado em uma janela de tamanho 3 x 3 pixels, o que permitiu a redução da ocorrência de pixels classificados isoladamente.

A imagem classificada resultante, em formato raster, foi transformada para vetor. Sobre esta, inicialmente foram excluídos os polígonos classificados como vegetação que fossem menores que a área mínima de mapeamento selecionada, igual a 256 metros quadrados. Os polígonos menores que 256 metros quadrados inseridos em área mapeada como vegetação foram classificados como vegetação e integrados a estas.

Em seguida foi feita a edição para correção dos limites da vegetação com base em interpretação visual sobre composição colorida das bandas multiespectrais. Neste caso, a composição utilizada foi das bandas do infravermelho, verde e azul em RGB. A identificação dos dois estágios de sucessão da vegetação foi realizada através da interpretação visual.

#### **b) Classificação da área agrícola**

Apesar das áreas agrícolas serem visualizadas na imagem Quickbird devido ao seu padrão contínuo e em talhões, o resultado da classificação pixel a pixel pelo ENVI não permitiu a identificação de áreas agrícolas devido ao fato das mesmas estarem abandonadas e com padrão não uniforme. Desta forma, optou-se pela interpretação



visual sobre composição colorida das bandas multiespectrais e delimitação manual utilizando o ArcGIS 9.3.1, gerando-se um *shapefile* para esta classe. Neste caso, a composição utilizada foi das bandas do infravermelho, verde e azul em RGB. Também utilizou-se o mosaico de fotografias aéreas mais antigas, para certificação de que as áreas agrícolas visualizadas, de forma discreta na imagem Quickbird, pertenciam mesmo à classe área agrícola.

### c) Classificação do quintal

Os limites dos quintais foram traçados com base em interpretação visual sobre composição colorida das bandas multiespectrais. Neste caso, a composição utilizada foi das bandas do infravermelho, verde e azul em RGB. Também utilizou-se o mosaico de fotografias aéreas para reconhecimento dos padrões de quintais. Isso por duas razões: a) o mosaico apresenta melhor resolução espacial quando comparado à resolução das imagens Quickbird e b) na data da aquisição das fotos, as residências da área ainda não haviam sido retiradas, facilitando a identificação dos locais de residências e dos quintais em seu entorno. Além dos quintais, foram incluídos nesta classe, áreas de cercas vivas ou similares, quando maiores que a unidade mínima de mapeamento, 256 metros quadrados.

### d) Classificação da pastagem

O mapeamento das áreas de pastagem foi realizado por meio de classificação supervisionada, aplicando o classificador Spectral Angle Mapper (SAM) com ângulo de 0,15 radianos, nas quatro bandas multiespectrais juntamente com as quatro imagens resultantes da aplicação de filtros de textura.

Por ser uma classe que apresentou diferenciados padrões de resposta espectral na imagem Quickbird, esse procedimento exigiu a coleta de variadas amostras digitais. Para tanto foram coletadas amostras estratificadas em três tipos principais de pastagem (1, 2 e 3) e também foram amostradas áreas de pasto sujo e solo exposto visando separar adequadamente a pastagem dessas classes de uso. Ao final, as amostras de pastagem foram agrupadas em uma única classe através do procedimento de pós-classificação Combine class.

Após a classificação, também foi aplicado o pós-classificador Clump (filtro de moda), com janela de dimensão 3x3 pixels. Para a edição final da classe pastagem, o arquivo raster gerado foi transformado em vetor (evf e dxf) e exportado do ENVI para o ArcGIS 9.3.1, onde foi salvo no formato vetor *shape*.

### e) Classificação do pasto sujo

Para o mapeamento do pasto sujo foi realizado primeiramente, uma sobreposição em ordem de prioridade de outras classes de uso já mapeadas, utilizando o software ArcGIS 9.3.1. Nos interstícios entre as mesmas restaram áreas não mapeadas, em sua maioria constituídas por pastagem, solo exposto e pasto sujo, sendo este último, a partir daí, delimitado por interpretação visual utilizando o ENVI 4.5. Após concluída a classificação do pasto sujo em formato vetor “evf”, o mesmo foi transformado em *shapefile* e exportado para o ArcGIS 9.3.1

### f) Classificação do solo exposto

Para o mapeamento dessa classe foram realizados diversos testes de classificação supervisionada sem a obtenção de um resultado satisfatório. Isso foi devido à diversidade de padrões espectrais da classe solo exposto e à confusão ocorrida entre essa classe e a pastagem

Por essa razão, a delimitação do solo exposto foi realizada com base em interpretação visual sobre composição colorida das bandas do infravermelho, verde e azul em RGB. O arquivo vetor foi transformado para formato o formato *shapefile*.

#### **g) Classificação de corpo hídrico**

O mapeamento dos corpos hídricos foi realizado por meio de classificação supervisionada após aplicação de filtro de textura às bandas da imagem Quickbird, aplicando o classificador de Máxima Verossimilhança (MAXVER). Este foi o classificador que melhor separou esta classe corpo hídrico da classe sombra, pois possuem respostas espectrais muito próximas. O resultado da classificação foi exportado na forma de *shapefile* e editado no ArcGIS 9.3.1, pois ainda assim houve um pouco de confusão entre as classes corpo hídrico e sombra, bem como algumas bordas de lagos não ficaram bem definidas pela classificação, pois como os mesmos encontram-se abandonados, sofreram processo de assoreamento e eutrofização, fatores que alteram a resposta espectral, gerando confusão.

#### **h) Classificação da sombra**

Para a obtenção da classe sombra, foi utilizado o mesmo processamento realizado para a obtenção da classe corpo hídrico, destacando que a classificação utilizada (MAXVER) apesar de separar bem as classes corpo hídrico e sombra, subestimou as áreas de sombra, pois em muitos casos as bordas da sombra foram incorporadas às classes vizinhas. Este fato não prejudicou o mapeamento final, pois o percentual de recobrimento da área por sombra era pequeno (ver item resultados e discussão), mas implicou em um trabalho maior de edição.

#### *Verificação em campo*

Os trabalhos de campo foram realizados visando conhecer a realidade local, reconhecer os padrões espectrais das diferentes classes de uso e cobertura da terra na área de estudo, sanar dúvidas para a interpretação visual das imagens e gerar informações atualizadas. Para tanto, coletaram-se pontos amostrais, de referência, para todas as classes mapeadas.

Em algumas áreas, devido às condições precárias das estradas internas do empreendimento e também às condições de alagamento de alguns pontos, não foi possível o acesso direto para fazer o registro amostral de pontos de uso e cobertura da terra. No entanto, alguns desses pontos puderam ser observados de ângulos mais distantes.

A coleta dos pontos foi realizada obtendo-se o posicionamento com auxílio de um GPS (Global Position System) e os locais foram fotografados. Os resultados foram inseridos na base de dados georreferenciada do projeto, de forma a conter os pontos numerados, a classe observada em campo, a identificação das fotos do local e observações adicionais.

#### *Elaboração do mapa final e cálculo das áreas de cada classe*

Após finalização da edição das classes separadamente, as mesmas foram unidas de acordo com sua prioridade: corpo hídrico, área agrícola, quintal, vegetação em estágio inicial e médio de regeneração, solo exposto, pasto sujo e sombra. Essa operação foi realizada no ArcGIS 9.3.1.

Após esta etapa ainda foi necessário edição de pequenos polígonos restantes. Para compor o mapa de uso e cobertura da terra do COMPERJ, foram desconsideradas áreas isoladas com dimensões menores que 256 m<sup>2</sup>.

O cálculo da área de cada classe obtida no mapeamento em questão foi realizado no ArcGIS 9.3.1 e a área dada em hectares.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Descrição da legenda

A legenda adotada e a sua descrição sucinta são apresentadas a seguir.

a) *Vegetação em estágio médio de regeneração* - Vegetação em estágio médio de regeneração apresentando fisionomia arbustiva/arbórea, cobertura fechada com início de diferenciação em estratos e surgimento de espécies de sombra. A altura média das árvores varia de 5 a 12 metros e a idade entre 11 e 25 anos. A serapilheira está sempre presente com muitas plântulas; o sub-bosque também ocorre; e as trepadeiras, quando presentes, são predominantemente lenhosas (BRASIL, 1994).

b) *Vegetação em estágio inicial de regeneração* - Vegetação em estágio inicial de regeneração apresentando fisionomia herbácea/arbustiva, cobertura aberta ou fechada, com a presença de espécies predominantemente heliófitas. Há plantas lenhosas com altura média de até 5 metros e idade entre 0 a 10 anos. Os indivíduos lenhosos ocorrentes pertencem a, no máximo, 20 espécies botânicas por hectare e as espécies são de crescimento rápido e ciclo biológico curto. As epífitas são raras, podendo ocorrer trepadeiras. Observa-se ausência de sub-bosque e a serrapilheira, quando existente, forma uma camada fina pouco decomposta, contínua ou não (BRASIL, 1994).

c) *Pastagem* - Campos com vegetação herbácea rasteira. Na área de estudo, são pastagens que foram submetidas a diferentes tipos de manejo, encontrando-se atualmente sem atividade pecuária. Também foram incluídos os campos higrófilos, os quais apresentam condições de umidade excessiva devido ao afloramento do lençol freático em alguns períodos do ano.

d) *Pasto sujo* - Campos com vegetação herbácea, entremeada de vegetação arbustiva. Em geral são áreas de pastagem abandonadas em que o processo de sucessão da vegetação original está em fase muito inicial. Nesta classe foram incluídas áreas onde há presença de cambará (*Gochnatia polymorpha*) em estágio inicial de crescimento e também arbustos esparsos, entre eles, o assa-peixe (*Vernonia sp.*), este último ocorrendo com muita frequência nos campos de várzeas da região.

e) *Área agrícola* - Áreas de produção agrícola em estado de abandono, ocupadas com pequenas glebas de culturas perenes de coco (*Cocos nucifera*) e citros (*Citrus sp.*).

f) *Solo exposto* - Áreas onde a cobertura vegetal foi removida. Esta classe é composta pela área onde está sendo feita a terraplanagem para a construção do empreendimento e também as áreas sob processos erosivos como, por exemplo, cortes de morros, faces de morros erodidas e áreas degradadas.

g) *Corpo hídrico* – Classe que representa lagos, muitos localizados próximos aos quintais de antigas residências existentes na área. Hoje encontram-se abandonados, apresentando estado de assoreamento e eutrofização avançados na maioria dos casos. Há também um grande lago ao norte da área, em local de grande alteração causado pela terraplanagem.

h) *Sombra* - Presença de áreas sombreadas na paisagem devido ao relevo ou mesmo, em alguns casos, às árvores de maior porte.

i) *Quintal* - Áreas próximas a antigas residências existentes na área, atualmente demolidas no todo ou em parte, em que se observa a presença de árvores frutíferas e outras espécies arbóreas e arbustivas, nativas ou exóticas, utilizadas para lenha, cercas-vivas ou outras finalidades. Local onde ainda persistem alguns resquícios de residências e demais construções correspondentes às sedes de chácaras, sítios e fazendas desapropriadas, com a presença de árvores frutíferas e/ou arbustos esparsos. Também foram incluídos nesta classe, áreas de cercas vivas ou similares.

### *Verificação de campo*

Os trabalhos de campo foram realizados nos dias 06 e 07 de maio de 2010. No total foram visitados 43 pontos distribuídos de forma a representar as diferentes classes de uso e cobertura da terra da área de estudo, conforme as possibilidades de acesso terrestre. A Figura 2 apresenta a localização dos mesmos na imagem do satélite Quickbird de 2009.

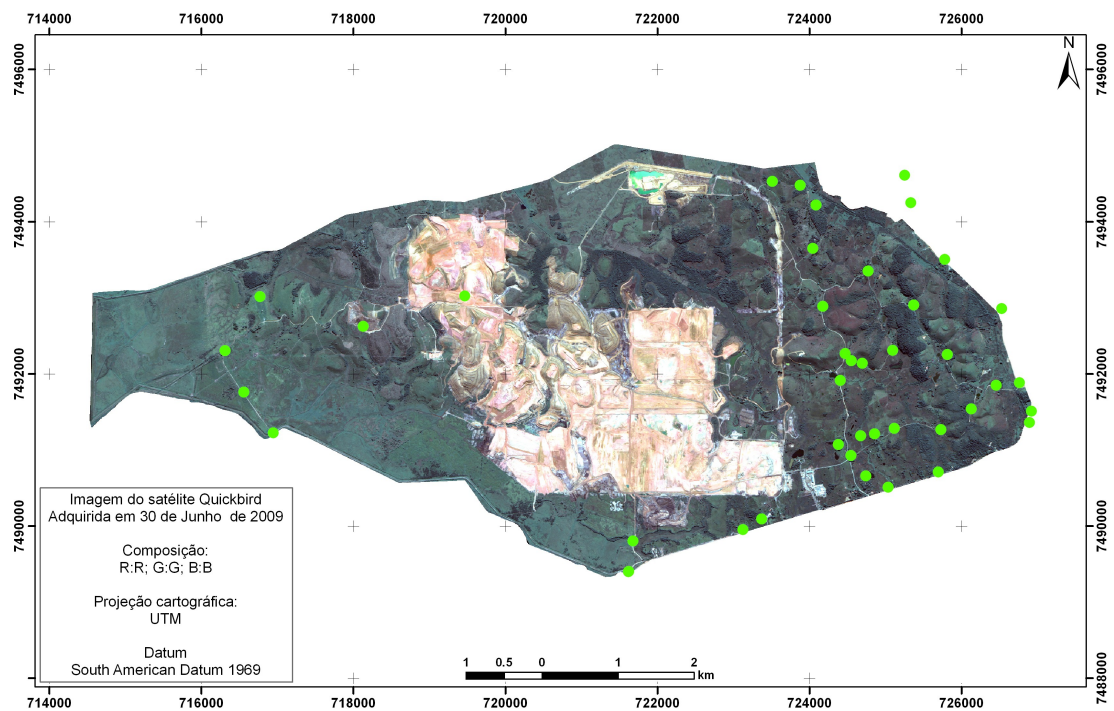


Figura 2: Imagem do satélite Quickbird apresentando os pontos visitados na fase de verificação de campo (em verde).

Na sequência são apresentadas as Figuras de 3 a 10 ilustrando as classes de uso e cobertura da terra adotadas no presente mapeamento, com exceção à sombra.



Figura 3: Vegetação em estágio médio de regeneração.





Figura 4: Vegetação em estágio inicial de regeneração.



Figura 5: Pastagem.



Figura 6: Pasto sujo com presença de cambará (*Gochnatia polymorpha*).





Figura 7: Área agrícola abandonada, coco e citros e, respectivamente.



Figura 8: Solo exposto, corte de morro em processo erosivo e parte da área de terraplanagem do COMPERJ, respectivamente.



Figura 9: Corpo hídrico, lago.





Figura 10: Quintal com presença de frutíferas.

*Mapeamento do uso e cobertura da terra do COMPERJ e cálculo de áreas das classes mapeadas*

O mapa final de uso e cobertura da terra do COMPERJ encontra-se no formato PDF no anexo, na escala 1:15.000 e a Tabela 3 apresenta as áreas das classes mapeadas em hectares e em percentual.

Tabela 3: Área das classes de uso e cobertura mapeadas.

<b>Classes de uso e cobertura da terra</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (percentual)</b>
Vegetação em estágio médio de regeneração	5,70	0,13
Vegetação em estágio inicial de regeneração	202,24	4,55
Pastagem	2.620,49	58,90
Pasto sujo	118,73	2,67
Área agrícola	111,89	2,51
Solo exposto	1.330,93	29,91
Corpo hídrico	23,53	0,53
Sombra	5,71	0,13
Quintal	29,96	0,67
<b>TOTAL:</b>	<b>4.449,18</b>	<b>100,00</b>

Observa-se que da área mapeada do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ) (4.449,18 ha), 58,90% encontram-se cobertos por Pastagem (pasto limpo), que atualmente encontram-se sem uso e com predomínio de gramíneas bastante desenvolvidas, já que o gado foi retirado da área desapropriada. Estas áreas encontram-se distribuídas ao longo de toda a área mapeada, com maior predomínio na parte oeste do COMPERJ. Também 2,67% da área são equivalentes à classe Pasto sujo, pois possivelmente foram áreas abandonadas há mais tempo, onde já se nota a presença de vegetação herbácea, entremeada de vegetação arbustiva, como descrito na legenda. Esta classe é mais presente na porção leste do COMPERJ, por onde as ações do Projeto Corredor Ecológico Comperj deverão se iniciar.

Em termos de fragmentos florestais, a área possui somente o equivalente à 4,68% e, ainda assim, apenas 0,13% representam a classe Vegetação em estágio médio de regeneração. Estes fragmentos deverão ser mantidos e enriquecidos no processo de intervenção do projeto, visando sempre o restabelecimento da funcionalidade ambiental da região, bem como permitindo a conectividade entre os mesmos e os demais fragmentos vizinhos à área em questão. A classe Vegetação em estágio inicial de regeneração encontra-se mais presente também na porção leste do COMPERJ, bem como dentro da área de instalação da planta industrial do empreendimento, na sua porção norte. A classe Vegetação em estágio médio de regeneração se encontra em dois fragmentos florestais. A maior extensão desta classe se encontra na área denominada popularmente de Mata da antiga Fazenda Macumba. Para este local foram levados os exemplares da fauna capturados no COMPERJ após a desapropriação das terras.

A classe Área agrícola, correspondendo a 2,51% da área em estudo, representa áreas de cultivo de citros e coco, predominantemente na área da antiga Fazenda Macacu (conforme detalhamento da legenda). Encontram-se localizadas essencialmente na porção oeste do COMPERJ e no trabalho de verificação terrestre, no caso do citros, quase já não foi possível visualizar esta cultura, pois encontra-se invadida por outras espécies arbustivas. Porém, na imagem do satélite Quick Bird estas áreas puderam ser identificadas, pelo padrão do plantio em fileiras.

A segunda classe em área mapeada foi o Solo exposto (29,91%), pelo fato de abranger a área de terraplanagem do empreendimento. Contudo, o propósito do mapeamento de áreas de solo exposto especialmente nas regiões de intervenção do Projeto Corredor Ecológico Comperj foi para que estas áreas pudessem receber manejo adequado do solo, visando o controle dos processos erosivos que comprometem a qualidade do solo e da água e, se não revertidos, podem dificultar ou impedir o processo de regeneração ou crescimento da vegetação.

A classe Quintal, já detalhada na legenda, correspondeu à 0,67% da área mapeada e foi diferenciada por possuir espécies frutíferas e outras espécies arbóreas e arbustivas, nativas ou exóticas. Algumas destas áreas possuem um potencial para maior enriquecimento, servindo de vitrine aos visitantes do projeto. Esta classe apresenta-se na forma de pequenos polígonos distribuídos, predominantemente, na porção leste do COMPERJ.

A classe Corpo hídrico correspondeu, em sua maioria, aos lagos de tamanhos diferenciados, remanescentes das diversas chácaras e demais propriedades que existiam na região, correspondendo à 0,53% da área mapeada. A exceção foi uma grande área alagada mapeada como corpo hídrico pertencente à terraplanagem na porção norte do mapa. Muitos lagos mapeados, como mencionado na legenda, encontram-se em processo de assoreamento e eutrofização, tendendo a desaparecer ao longo dos anos, mantidas as condições atuais.

A classe sombra foi equivalente à 0,13% da área de estudo, estando presente principalmente nas áreas com altitude um pouco mais elevadas do proterozóico e terciário (porção leste do mapa), incluindo também sombra da vegetação de maior porte.

## CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A imagem de alta resolução permitiu maior detalhamento no mapeamento do uso e cobertura da terra do COMPERJ e, portanto, o cálculo de área resultante é mais adequado à escala de trabalho. O uso dessa ferramenta será essencial para subsidiar o planejamento das ações de intervenção e demais monitoramentos do Projeto Corredor Ecológico Comperj.

A metodologia empregada, classificação supervisionada da imagem utilizando classificadores *pixel a pixel*, no programa ENVI 4.5, foi eficiente para a separação dos principais alvos de interesse, evitando-se grande trabalho de digitalização, uma vez que as classes são distribuídas ao longo da área mapeada, muitas vezes em pequenos e numerosos polígonos. Porém, a classificação *pixel a pixel*, aplicada em imagens de alta resolução, gera muitos *pixels* isolados e bordas rugosas devido ao nível de detalhamento destas imagens, fatores que são indesejáveis em um mapeamento desta natureza. Uma alternativa para solucionar o problema seria a utilização de programas que fazem a classificação de imagens utilizando modelos de conhecimento baseados em classificação por regiões e orientadas a objetos. Contudo, o custo destes programas são ainda bastante elevados.

O trabalho de verificação terrestre foi fundamental para a confirmação das classes mapeadas, que muitas vezes são confundidas visualmente na imagem, assim como pelo classificador utilizado.

O mapeamento mostrou que há predomínio de Pastagem na área de estudo, com presença de poucos fragmentos florestais de grande relevância, evidenciando a necessidade de intervenção a fim de permitir o restabelecimento das funcionalidades ambientais da área de influência direta do COMPERJ.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CABRAL, Diogo C. **Floresta, Agricultura e Extrativismo Madeireiro na Modelagem da Paisagem Agrária do Rio de Janeiro Colonial Tardio: o caso da bacia do Macacu**. Revista de História Econômica e Economia Regional Aplicada. Vol 2. No.3 Ago-dez/2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 6 de 04 de maio de 1994**. Diário Oficial da União. Poder Executivo, Brasília, DF, 07 jun. 1994.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). **Censo Agropecuário – Ano 2006**. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> . Acesso em junho 2010.

MACHADO. L. e Castro, B. **“Gente do Caceribu, sua geografia, sua historia”**. IBG, Rio de Janeiro, 1997.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Projeto Corredor Ecológico do COMPERJ. **Caracterização do Ambiente**. (CARTA-CONTRATO Nº 0800.0029641.07.3 - Produto 03, Maio/2007a).

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Projeto Corredor Ecológico do COMPERJ. **Modelo Conceitual**. (CARTA-CONTRATO Nº 0800.0029641.07.3 - Produto 05 (Julho/2007b).

Pedreira, B.C.C.G.; Abreu, M.B.; Fidalgo, E.C.C. Proposta de legenda para o mapeamento de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Macacu. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. 31 p. (**Documentos**, 91).

Pedreira, B.C.C.G.; Fidalgo, E.C.C.; Prado, R.B.; Fadul, M. J.; Bastos, E.C.; Silva, S.A.; Zainer, N.G.; Peluzo, J. Dinâmica de uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas do Guapi-Macacu e Caceribu – RJ. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 66p. (**Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n. 136).

Pedreira, B.C.C.G.; Fidalgo, E.C.C.; Prado, R. B.; Cintrão, R. P.; Benavides, Z. C. Demanda e oferta de água nas bacias hidrográficas Guapi-Macacu e Caceribu. em área de Mata Atlântica – RJ. **Anais** do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 22 a 26 de novembro de 2009, Campo Grande, MS.